



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1673—2017

电压暂降、短时中断和电压变化试验 发生器校准规范

Calibration Specification for Voltage Dips, Short Interruptions
and Voltage Variations Test Generators

2017-11-20 发布

2018-02-20 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

电压暂降、短时中断和电压变
化试验发生器校准规范

Calibration Specification for Voltage Dips, Short
Interruptions and Voltage Variations Test Generators

JJF 1673—2017

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：广东省计量科学研究院

中国计量科学研究院

广东省计量科学研究院东莞计量院

参加起草单位：辽宁省计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

本规范委托全国无线电计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘文刚（广东省计量科学研究院）

黄攀（中国计量科学研究院）

张楠（广东省计量科学研究院东莞计量院）

参加起草人：

陈益胜（广东省计量科学研究院）

郝松（辽宁省计量科学研究院）

施滨（上海市计量测试技术研究院）

常志方（广东省计量科学研究院）



目 录

引言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 电压暂降	(1)
3.2 短时中断	(1)
3.3 电压变化	(2)
4 概述	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 单相电压跌落发生器	(3)
5.2 直流电压跌落发生器	(4)
6 校准条件	(5)
6.1 环境条件	(5)
6.2 测量标准及其他设备	(5)
7 校准项目和校准方法	(6)
7.1 校准项目	(6)
7.2 外观及工作正常性检查	(7)
7.3 单相电压跌落发生器	(7)
7.4 直流电压跌落发生器	(13)
8 校准结果	(15)
9 复校时间间隔	(16)
附录 A 原始记录内页格式	(17)
附录 B 校准证书内页格式	(22)
附录 C 校准结果测量不确定度评定示例	(29)
附录 D 三相电源系统的电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器	(34)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》中的要求进行编写。

本规范主要参考 GB/T 17626.11—2008《电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》、GB/T 17626.29—2006《电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》、IEC 61000-4-11:2004《电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验》和 IEC 61000-4-29:2000《电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》中相关条款进行编写。

本规范为首次发布。



电压暂降、短时中断和电压变化试验 发生器校准规范

1 范围

本规范适用于符合 GB/T 17626.11—2008《电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》、GB/T 17626.29—2006《电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》、IEC 61000-4-11:2004《电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验》及 IEC 61000-4-29:2000《电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》中要求的电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器 [包括单相电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器 (又称单相电压跌落发生器) 和直流电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器 (又称直流电压跌落发生器)] 的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 17626.29—2006 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

IEC 61000-4-11:2004 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验 (Electromagnetic compatibility—Testing and measurement techniques—Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests)

IEC 61000-4-29:2000 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验 (Electromagnetic compatibility—Testing and measurement techniques—Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d. c. input power port immunity tests)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 电压暂降 voltage dips

电气供电系统某一点上的电压突然减少到规定的电压，随后经历一段短暂的间隔恢复到正常值。

3.2 短时中断 short interruption

供电系统某一点上所有相位的电压突然减少到规定的中断电压以下，随后经历一段

短暂的间隔恢复到正常值。

3.3 电压变化 voltage variation

供电电压逐渐变得高于或低于额定电压，变化的持续时间可长可短。

4 概述

电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器是电磁兼容抗扰度试验中使用的重要仪器，主要用于模拟供电电源由于电网、电力设施故障或负荷突然出现大的变化引起的电压暂降、短时中断，以及由于连接到电网的负荷的连续变化引起的电压变化现象，考察被测试电气和电子设备抗干扰的能力。

电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器主要由电压控制部分和时间相位控制电路等组成。电压暂降、短时中断和电压变化波形分别如图 1、图 2、图 3 和图 4 所示。

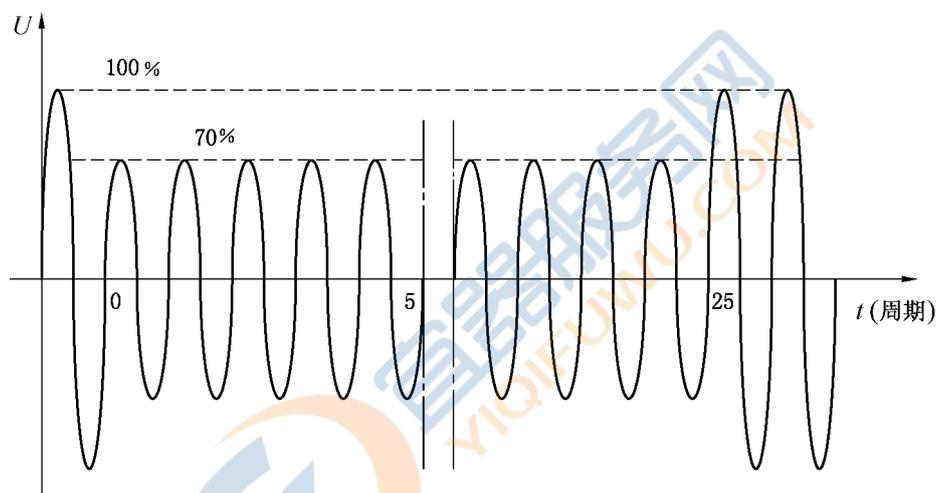


图 1 电压暂降—70%电压暂降正弦波波形示意图

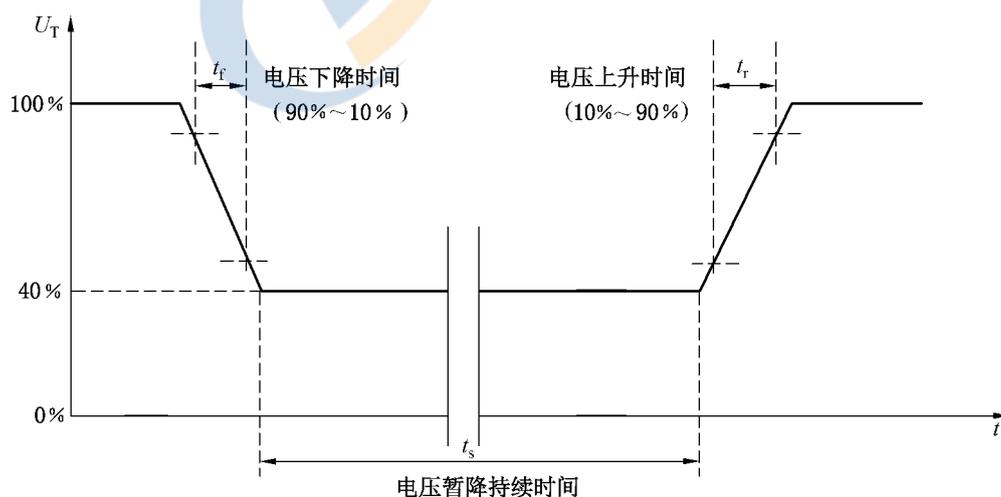


图 2 电压暂降—40%电压暂降波形示意图

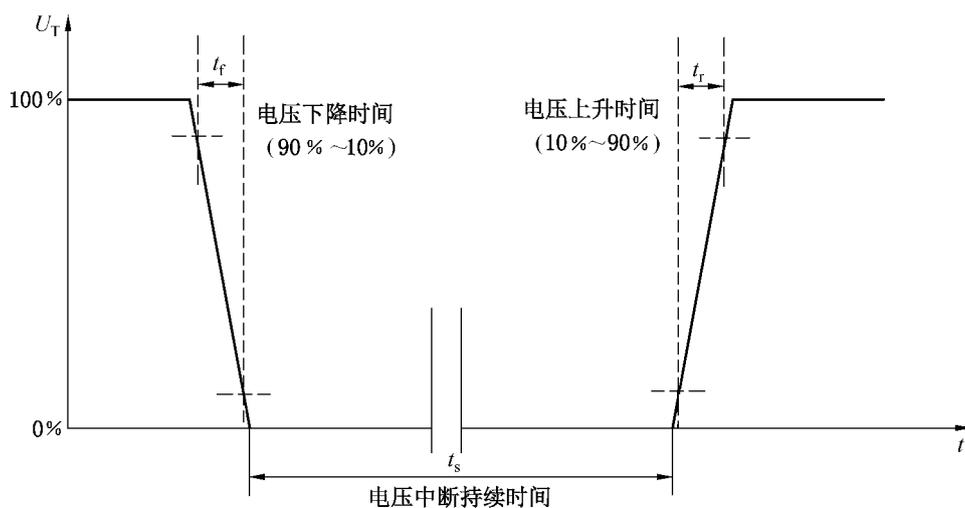


图3 电压短时中断—0%电压短时中断波形示意图

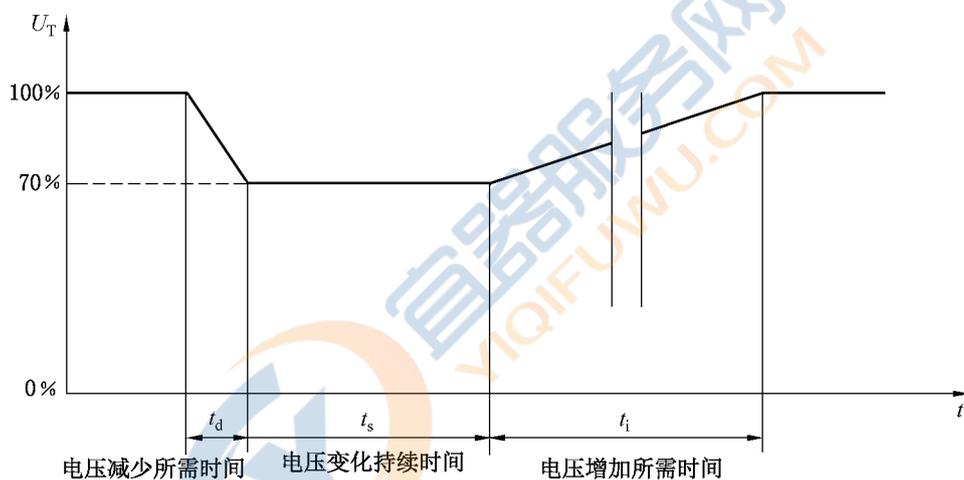


图4 电压变化—均方根值波形示意图

5 计量特性

5.1 单相电压跌落发生器

5.1.1 输出电压

范围：(0~230) V (输入电压标称值的0%~100%);

最大允许误差：±5%。

5.1.2 负载调整率

允许范围：≤5%。

5.1.3 电压上升时间和下降时间

允许范围：1 μs~5 μs (额定电流：≤50 A, 单相电压跌落发生器输出端口接100 Ω 无感电阻或额定电流：>50 A 且 ≤75 A, 单相电压跌落发生器输出端口接50 Ω 无感电阻);

允许范围：1 μs~50 μs (额定电流：>75 A 且 ≤100 A, 单相电压跌落发生器输出

端口接 50 Ω 无感电阻或额定电流： >100 A，单相电压跌落发生器输出端口接 25 Ω 无感电阻)。

5.1.4 电压过冲和欠冲

允许范围： $\leq 5\%$ (额定电流： ≤ 50 A，单相电压跌落发生器输出端口接 100 Ω 无感电阻或额定电流： >50 A 且 ≤ 100 A，单相电压跌落发生器输出端口接 50 Ω 无感电阻或额定电流： >100 A，单相电压跌落发生器输出端口接 25 Ω 无感电阻)。

5.1.5 相位角

范围： $0^\circ \sim 360^\circ$ ；

最大允许误差： $\pm 10^\circ$ (额定电流： ≤ 16 A)；

最大允许误差： $\pm 5^\circ$ (额定电流： >16 A)。

5.1.6 持续时间

范围：1 ms \sim 60 s；

最大允许误差： $\pm 20\%$ 。

5.1.7 间隔时间

范围：1 ms \sim 60 s；

最大允许误差： $\pm 20\%$ 。

5.1.8 峰值冲击电流

额定电流 ≤ 16 A 的单相电压跌落发生器，其峰值冲击电流技术要求见表 1。

表 1 峰值冲击电流技术要求 (额定电流 ≤ 16 A)

电源电压范围	峰值冲击电流
100 V \sim 120 V	250 A
220 V \sim 240 V	500 A
250 V \sim 600 V	1 000 A

注：如果峰值冲击电流实测值小于表 1 中的对应的电流值，则按照 GB/T 17626.11—2008《电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验》中附录 A.3 进行验证。

额定电流 >16 A 的单相电压跌落发生器，其峰值冲击电流技术要求见表 2。

表 2 峰值冲击电流技术要求 (额定电流 >16 A)

额定电流范围	最小峰值冲击电流
16 A \sim 50 A	500 A
50.1 A \sim 100 A	1 000 A
>100 A	$>1 000$ A

5.2 直流电压跌落发生器

5.2.1 输出电压

范围： $(0 \sim 360)$ V；

最大允许误差： $\pm 5\%$ 。

5.2.2 负载调整率

允许范围： $\leq 5\%$ 。

5.2.3 电压上升时间和下降时间

允许范围： $1\ \mu\text{s}\sim 50\ \mu\text{s}$ （直流电压跌落发生器输出端口接 $100\ \Omega$ 无感电阻）。

5.2.4 电压过冲和欠冲

允许范围： $\leq 10\%$ （直流电压跌落发生器输出端口接 $100\ \Omega$ 无感电阻）。

5.2.5 持续时间

测量范围： $1\ \text{ms}\sim 60\ \text{s}$ ；

最大允许误差： $\pm 20\%$ 。

5.2.6 间隔时间

测量范围： $1\ \text{s}\sim 60\ \text{s}$ ；

最大允许误差： $\pm 20\%$ 。

5.2.7 峰值冲击电流

峰值冲击电流技术要求见表 3。

表 3 峰值冲击电流技术要求

电源电压范围	峰值冲击电流
24 V	50 A
48 V	100 A
110 V	220 A

注：如果峰值冲击电流实测值小于表 1 中的对应的电流值，则按照 GB/T 17626.29—2000《电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验》中附录 B.2 进行验证。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(23\pm 5)\ ^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.1.3 电源电压及频率： $(220\pm 11)\ \text{V}$ ， $(50\pm 1)\ \text{Hz}$ 。

6.1.4 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 数字存储示波器

频带宽度：不小于 $100\ \text{MHz}$ ；

直流增益最大允许误差： $\pm 2\%$ ；

时基准确度：优于 $\pm 1\times 10^{-4}$ 。

6.2.2 数字多用表

交流电压测量范围 $(0\sim 750)\ \text{V}$ ，最大允许误差： $\pm 0.2\%$ ；

直流电压测量范围： $(0\sim 1\ 000)\ \text{V}$ ，最大允许误差： $\pm 0.1\%$ 。

6.2.3 示波器电压探头

直流衰减比：10 : 1 ~ 1 000 : 1；

最大允许误差：±3%；

频带宽度：不小于 50 MHz。

6.2.4 100 Ω 无感电阻、50 Ω 无感电阻、25 Ω 无感电阻

100 Ω 无感电阻功率：≥1 000 W；

50 Ω 无感电阻功率：≥2 000 W；

25 Ω 无感电阻功率：≥4 000 W；

电阻最大允许误差：±5%。

6.2.5 可调负载电阻

电阻范围：(1~16) Ω；

功率：≥4 000 W。

6.2.6 冲击电流校准套件

冲击电流校准套件包括电流传感器、单相全波整流桥、电解电容器和分流电阻器。

6.2.6.1 电流传感器

峰值电流：≥1 000 A；

最大允许误差：±10%。

6.2.6.2 单相全波整流桥

二极管反向峰值电压：≥400 V；

峰值冲击电流：≥1 000 A。

6.2.6.3 电解电容器

电容：1 700 μF；

最大允许误差：±20%；

额定电压：≥400 V；

100 Hz 和 20 kHz 时的等效串联阻抗：≤0.1 Ω。

6.2.6.4 分流电阻器

电阻：(100~10 000) Ω 中任意一阻值，通常为 4.7 kΩ；

额定电压：≥230 V。

6.2.7 交直流钳表

交直流电流：(0~100) A，(DC~1 kHz)；

最大允许误差：±2%。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目如表 4 所示。

表 4 校准项目

校准项目	
外观及工作正常性检查	
单相电压跌落发生器	输出电压
	负载调整率
	电压上升时间和下降时间
	电压过冲和欠冲
	相位角
	持续时间
	间隔时间
	峰值冲击电流
直流电压跌落发生器	输出电压
	负载调整率
	电压上升时间和下降时间
	电压过冲和欠冲
	持续时间
	间隔时间
	峰值冲击电流

7.2 外观及工作正常性检查

被校电压跌落发生器的开关、旋钮、按键应能够正常工作，不应有影响电气性能的机械损伤；被校电压跌落发生器应设有接地端子，并标明接地符号，接地线应完好无损；明确调压方式是人工调压还是自动调压。检查结果记录在附录 A.1 中。

7.3 单相电压跌落发生器

7.3.1 输出电压

7.3.1.1 设备连接如图 5 所示，按说明书要求进行预热。

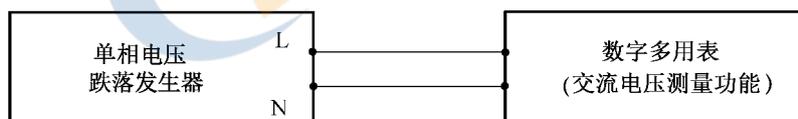


图 5 输出电压校准连接示意图

7.3.1.2 设置单相电压跌落发生器为电压暂降模式，设定电压暂降的持续时间为 250 个周期或者更长，间隔时间设为 150 个周期，跌落次数 ≥ 1 ；数字多用表设为交流电压测量功能，量程自动。

7.3.1.3 按照附录 A.2.1 中的要求设定输出电压，在电压暂降持续时间内测量交流电压有效值。分别测量不同设定电压下的输出电压值，记录在附录 A.2.1 中。

7.3.2 负载调整率

7.3.2.1 设备连接如图 6 所示。

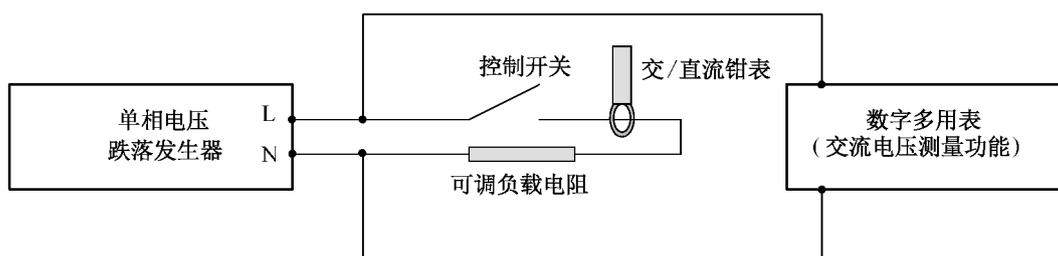


图6 负载调整率校准连接示意图-加钳形表监控电流

7.3.2.2 设置单相电压跌落发生器为电压暂降模式，输出电压为标称值的100%时，设定电压暂降的持续时间为250个周期或者更长；输出电压为标称值的80%时，设定最大持续时间为5s；输出电压为标称值的70%和40%时，设定最大持续时间为3s；数字多用表设置为交流电压测量功能，量程自动。

7.3.2.3 按附录A.2.2调节单相电压跌落发生器的输出电压，在输出开路空载时，使用数字多用表测量其输出电压，通过控制开关接入可调负载电阻，使用交/直流钳表监控负载电流的大小，使单相电压跌落发生器在标称负载电流下工作，测量单相电压跌落发生器在满载工作时的输出电压。

7.3.2.4 在不同的输出电压下分别测量空载输出电压和满载输出电压，测量数据记录在附录A.2.2中，按式(1)计算负载调整率，记录在附录A.2.2中。

$$\eta = \frac{|U_M - U_0|}{U_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

η ——负载调整率；

U_M ——满载电压实测值，V；

U_0 ——空载电压实测值，V。

7.3.3 电压上升时间和下降时间

7.3.3.1 设备连接如图7所示。

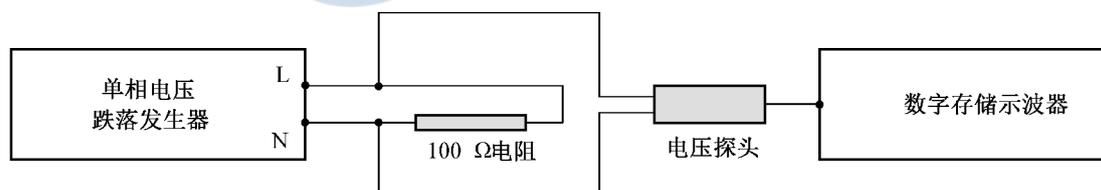


图7 电压上升时间和下降时间校准连接

7.3.3.2 设置单相电压跌落发生器的跌落持续时间为20ms，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式，使数字存储示波器能够捕捉上升时间或下降时间波形，通常调节水平时基为4 μ s/div或5 μ s/div或合适档位，垂直偏转系数为50V/div，使用数字存储示波器的上升时间和下降时间测量功能（或光标）测量电压上升时间和下降时间。上升时间和下降时间波形图见图8、图9。

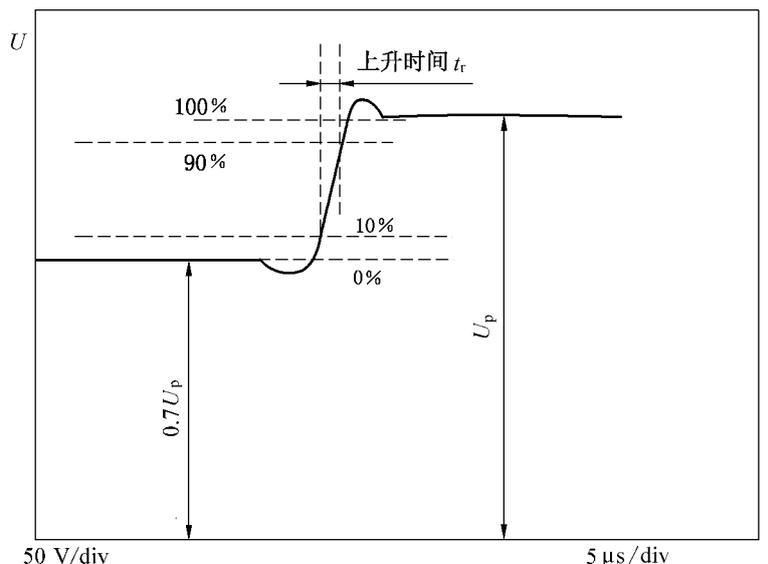


图 8 上升时间 (70%→100%) 波形图

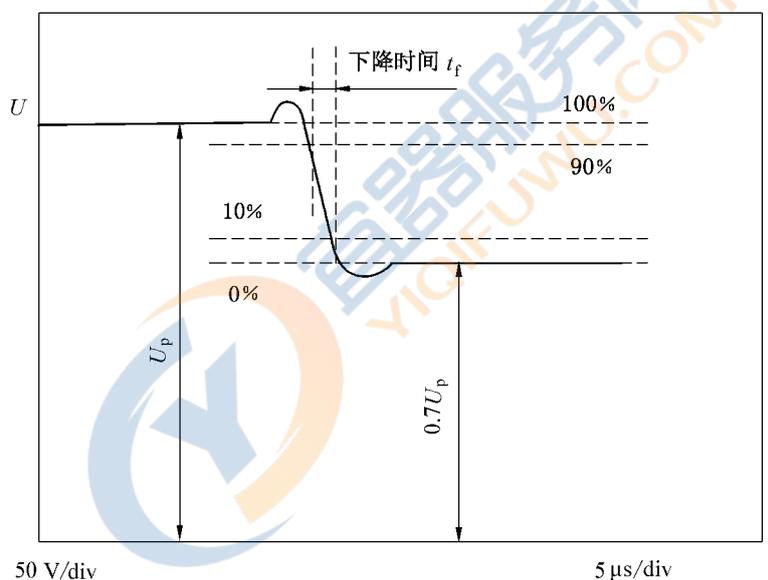


图 9 下降时间 (100%→70%) 波形图

7.3.3.3 按附录 A.2.3 分别设置单相电压跌落发生器的输出电压和切换相位，分别测量电压上升时间和下降时间，记录在附录 A.2.3 中。

7.3.4 电压过冲和欠冲

7.3.4.1 设备连接如图 7 所示。

7.3.4.2 设置单相电压跌落发生器的跌落持续时间为 20 ms，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式（通常水平时基设置为 1 ms/div 或者更小，垂直偏转系数为 50 V/div），使数字存储示波器能够捕捉半个周期内的瞬态波形，使用光标（或者使用数字存储示波器的最大值 U_{\max} 和最小值 U_{\min} 测量功能）测量过冲和欠冲电压值，并按式 (2) 计算过冲和欠冲。过冲和欠冲波形图如图 10 所示。

$$\nu = \frac{U_{\Delta}}{U_p} \times 100\% \quad (2)$$

- ν ——电压过冲或欠冲实测值；
 U_{Δ} ——过冲或欠冲电压实测值，V；
 U_p ——峰值电压实测值，V；输出电压 230 V 时， U_p 约为 325 V。

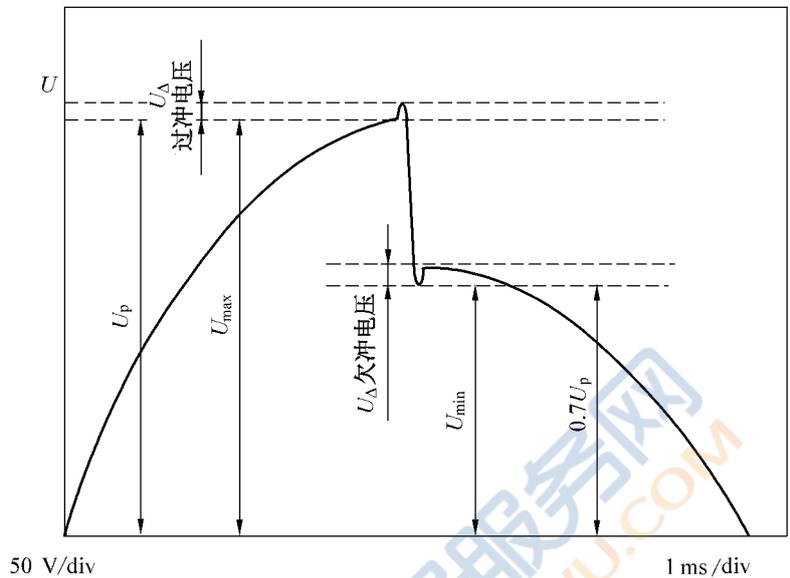


图 10 电压过冲和欠冲波形图 (100%→70%)

7.3.4.3 按附录 A.2.4 分别设置单相电压跌落发生器的输出电压和切换相位，分别测量电压过冲和欠冲，记录在附录 A.2.4 中。

7.3.5 相位角

7.3.5.1 设备连接如图 11 所示。

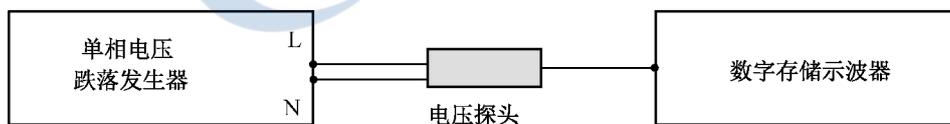


图 11 相位角校准连接示意图

7.3.5.2 按附录 A.2.5 分别设置单相电压跌落发生器的输出电压和切换相位，调节数字存储示波器的水平时基（通常为 4 ms/div 或 5 ms/div）和垂直偏置系数以及触发方式，捕捉单相电压跌落发生器输出切换时的电压暂降、短时中断波形。相位角测量示意图见图 12。

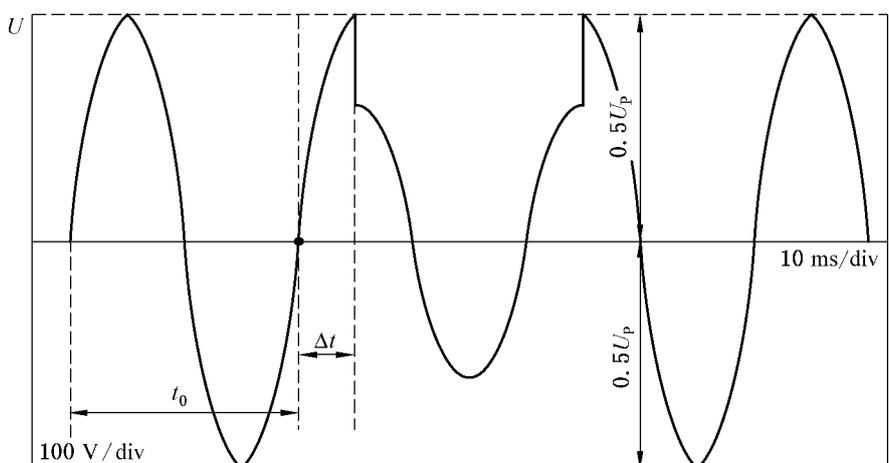


图 12 相位角测量示意图 (90°)

7.3.5.3 使用数字存储示波器的光标测量功能测量切换瞬间和零相位参考点（垂直光标先放置在波形的最底端与最高端，然后移动其中一条光标，使其 Δ 值为先前的一半，这时该光标与波形上升沿相交的点即为零相位参考点）之间的时间间隔，按式（3）计算相位角，记录在附录 A.2.5 中。

$$\theta = \frac{\Delta t}{t_0} \times 360^\circ \quad (3)$$

式中：

θ ——相位角实测值，(°)；

Δt ——时间间隔实测值，ms；

t_0 ——输出电压信号周期，ms。

7.3.6 持续时间

7.3.6.1 设备连接如图 11 所示。

7.3.6.2 按附录 A.2.6 分别设置单相电压跌落发生器的输出电压、相位角（通常为 90°）、跌落持续时间，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式，捕捉单相电压跌落发生器输出切换时的电压暂降、短时中断波形。持续时间和间隔时间波形图如图 13 所示。

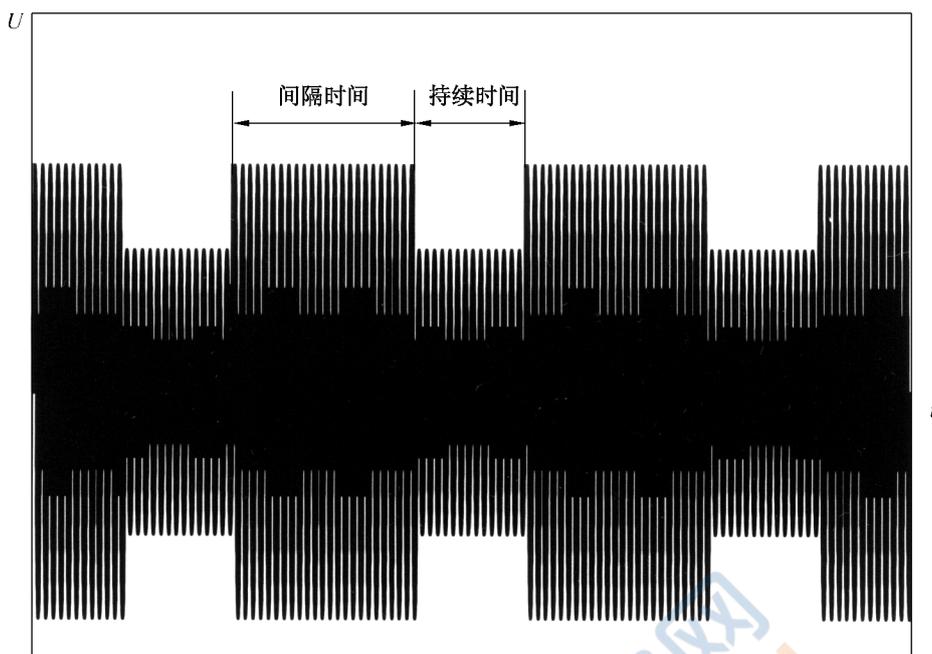


图 13 持续时间和间隔时间波形图

7.3.6.3 使用数字存储示波器的光标测量功能测量跌落持续时间，记录在附录 A.2.6 中。

7.3.7 间隔时间

7.3.7.1 设备连接如图 11 所示。

7.3.7.2 按附录 A.2.7 分别设置单相电压跌落发生器的输出电压、相位角（通常为 90° ）、跌落间隔时间，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式，捕捉单相电压跌落发生器输出切换时的电压暂降、短时中断波形。

7.3.7.3 使用数字存储示波器的光标测量功能测量跌落间隔时间，记录在附录 A.2.7 中。

7.3.8 峰值冲击电流

7.3.8.1 设备连接如图 14 所示，单相电压跌落发生器与峰值冲击电流校准套件之间的线缆尽量短，一般小于 50 cm。

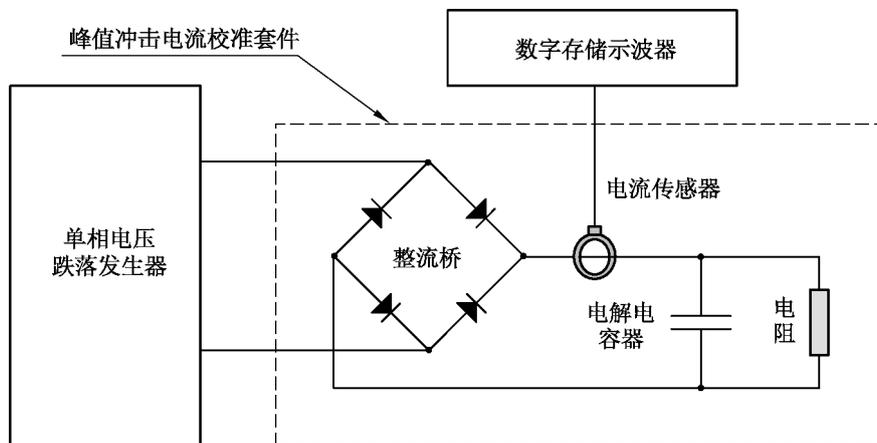


图 14 峰值冲击电流校准连接示意图

7.3.8.2 设置单相电压跌落发生器的输出电压从 0% 切换到 100%，设定电压暂降的相位角为 90° 。调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏转系数到合适位置，按运行键开始电压暂降，捕捉切换瞬间的脉冲信号并按停止键，使用数字存储示波器的光标测量峰值冲击电流并记录在附录 A.2.8 中。

7.3.8.3 停止电压暂降后，根据所选择的峰值冲击电流的校准套件中的电解电容器和分流电阻的大小确定两次峰值冲击电流测试之间的时间间隔，通常该时间间隔为几个 RC 时间常数，使电解电容器上的储能通过分压电阻完成释放（电解电容器的电容为 $1\ 700\ \mu\text{F}$ ，分流电阻器的阻值为 $4.7\ \text{k}\Omega$ ，则 RC 时间常数约 8 s，该时间间隔为 40 s~60 s。也可使用数字多用表测量电解电容器两端的残余电压，当残余电压小于 3 V 时，认为放电结束。）改变电压暂降的相位角为 270° ，重复步骤 7.3.8.2，使用数字存储示波器的光标测量峰值冲击电流并记录在附录 A.2.8 中。

7.4 直流电压跌落发生器

7.4.1 输出电压

7.4.1.1 设备连接如图 15 所示，按说明书要求进行预热。



图 15 输出电压校准连接示意图

7.4.1.2 设置直流电压跌落发生器为电压暂降模式，设定电压暂降的持续时间为 5 s 期或者更长；输出电压为电压标称值的 120% 时，直流电压跌落发生器工作在电压变化模式，电压变化保持的时间设为 5 s 期或者更长，使用数字多用表的直流电压测量功能，量程自动。

7.4.1.3 按照附录 A.3.1 中的要求设定输出电压，在电压暂降持续时间内测量其输出的直流电压值。分别测量不同设定电压下的输出电压值，记录在附录 A.3.1 中。

7.4.2 负载调整率

7.4.2.1 设备连接如图 16 所示。

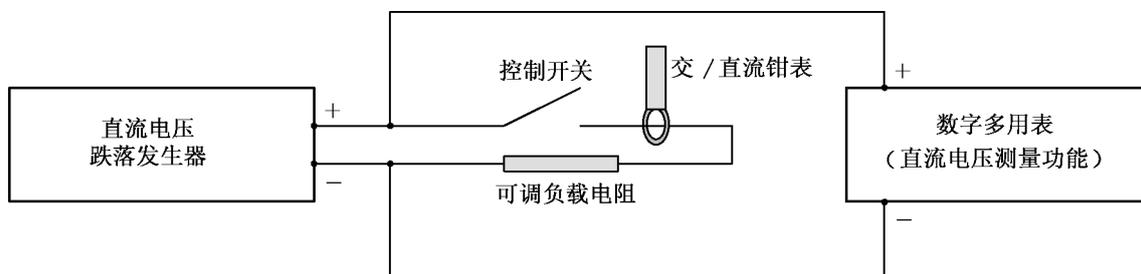


图 16 负载调整率校准连接示意图-加钳形表监控电流

7.4.2.2 设置直流电压跌落发生器为电压暂降模式，设定电压暂降的持续时间为 5 s 或者更长，使用数字多用表的直流电压测量功能，量程自动。

7.4.2.3 按附录 A.3.2 调节直流电压跌落发生器的输出电压，在输出开路空载时，使用数字多用表测量其输出电压，通过控制开关接入可调负载电阻，使用交/直流钳表监

控负载电流的大小，使直流电压跌落发生器在标称负载电流下工作，测量直流电压跌落发生器在满载工作时的输出电压。

7.4.2.4 在不同的输出电压下分别测量空载输出电压和满载输出电压，测量数据记录在附录 A.3.2 中，按式 (4) 计算负载调整率，记录在附录 A.3.2 中。

$$\eta' = \frac{|U'_M - U'_0|}{U'_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

η' ——负载调整率；

U'_M ——满载电压实测值，V；

U'_0 ——空载电压实测值，V。

7.4.3 电压上升时间和下降时间

7.4.3.1 设备连接如图 17 所示。

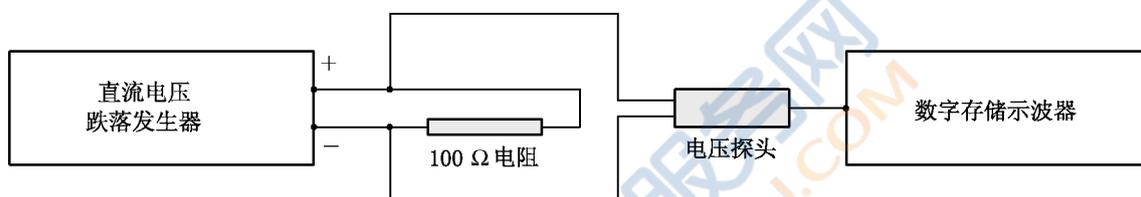


图 17 电压上升时间和下降时间校准连接示意图

7.4.3.2 设置直流电压跌落发生器的跌落持续时间为 1 ms，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式，使数字存储示波器能够捕捉上升时间或下降时间波形。

7.4.3.3 按附录 A.3.3 分别设置直流电压跌落发生器的输出电压，分别测量电压上升时间和下降时间，记录在附录 A.3.3 中。

7.4.4 电压过冲和欠冲

7.4.4.1 设备连接如图 17 所示。

7.4.4.2 设置直流电压跌落发生器的跌落持续时间为 1 ms，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式，使数字存储示波器能够捕捉上升时间或下降时间波形。

7.4.4.3 按附录 A.3.4 分别设置直流电压跌落发生器的输出电压，分别测量电压过冲和欠冲，记录在附录 A.3.4 中。

7.4.5 持续时间

7.4.5.1 设备连接如图 18 所示。

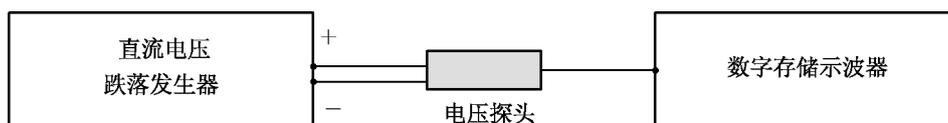


图 18 持续时间校准连接示意图

7.4.5.2 按附录 A.3.5 分别设置直流电压跌落发生器的输出电压、跌落持续时间和间隔时间，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式，捕捉直流电压

跌落发生器输出切换时的电压暂降、短时中断波形。

7.4.5.3 使用数字存储示波器的光标测量功能测量跌落持续时间，记录在附录 A.3.5 中。

7.4.6 间隔时间

7.4.6.1 设备连接如图 18 所示。

7.4.6.2 按附录 A.3.6 分别设置直流电压跌落发生器的输出电压、跌落持续时间和间隔时间，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏置系数以及触发方式，捕捉发生器输出切换时的电压暂降、短时中断波形。

7.4.6.3 使用数字存储示波器的光标测量功能测量跌落间隔时间，记录在附录 A.3.6 中。

7.4.7 峰值冲击电流

7.4.7.1 设备连接如图 19 所示。设置直流电压跌落发生器的输出电压从 0% 切换到 100%，正极性线缆穿过电流传感器。

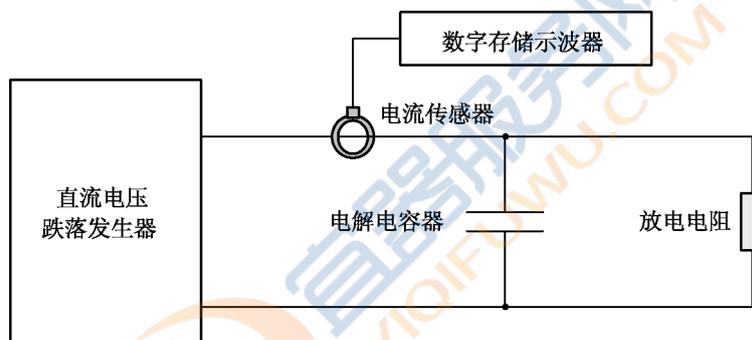


图 19 峰值冲击电流校准连接示意图

7.4.7.2 设定合适的跌落持续时间，调节数字存储示波器的水平时基和垂直偏转系数到合适位置，按运行键开始电压暂降，捕捉切换瞬间的脉冲信号并按停止键，使用数字存储示波器的光标测量峰值冲击电流并记录在附录 A.3.7 中。

7.4.7.3 停止电压暂降后，根据所选择的电解电容器和放电电阻的大小确定两次峰值冲击电流测试之间的时间间隔。通常该时间间隔为几个 RC 时间常数，使电解电容器上的储能通过分压电阻完成释放（电解电容器的电容为 $1\,700\ \mu\text{F}$ ，分流电阻器的阻值为 $4.7\ \text{k}\Omega$ ，则 RC 时间常数约 $8\ \text{s}$ ，时间间隔为 $40\ \text{s}\sim 60\ \text{s}$ 。也可使用数字多用表测量电解电容器两端的残余电压，当残余电压小于 $3\ \text{V}$ 时，认为放电结束。）

7.4.7.4 改变直流电压跌落发生器的输出电压从 100% 切换到 0%，负极性线缆穿过电流传感器。重复步骤 7.4.7.2，使用数字存储示波器的光标测量峰值冲击电流并记录在附录 A.3.7 中。

8 校准结果

电压跌落发生器校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；

- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的。因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

推荐复校时间间隔为 12 个月。

附录 A

原始记录内页格式

A.1 外观及工作正常性检查：_____

A.2 单相电压跌落发生器

A.2.1 输出电压 (V/Hz)

电压暂降百分比	输出电压标称值/V	输出电压实测值/V
0%		
40%		
70%		
80%		
100%		

A.2.2 负载调整率

EUT 电源	电压暂降百分比	负载电流 /A	空载输出电压实测值/V	满载输出电压实测值/V	负载调整率 /%
230 V/50 Hz	100%	16			
	80%	20			
	70%	23			
	40%	40			

A.2.3 电压上升时间和下降时间

电压切换条件	相位角设定值/(°)	上升时间实测值/ μs	下降时间实测值/ μs
100%→0%	90	/	
	270		/
100%→80%	90	/	
	270		/
100%→70%	90	/	
	270		/
100%→40%	90	/	
	270		/
0%→100%	90		/
	270	/	

A. 2.4 电压过冲和欠冲

电压切换条件	相位角设定值 (°)	电压过冲实测值/%	电压欠冲实测值/%
100%→0%	90		
	270		
100%→80%	90		
	270		
100%→70%	90		
	270		
100%→40%	90		
	270		
0%→100%	90		
	270		

A. 2.5 相位角

电压切换条件	设定值 (°)	时间间隔 测量值 ms	实际值 (°)	电压切换 条件	设定值 (°)	时间间隔 测量值 ms	实际值 (°)
100%→0%	0			0%→100%	0		
	45				45		
	90				90		
	135				135		
	180				180		
	225				225		
	270				270		
	315				315		
100%→40%	90			40%→100%	90		
	180				180		
100%→70%	90			70%→100%	90		
	180				180		
100%→80%	90			80%→100%	90		
	180				180		

A. 2.6 持续时间

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms	电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms
100%↔0%	10		100%↔40%	10	
	20			20	
	200			200	
	500			500	
	5 000			5 000	
100%↔70%	10		100%↔80%	10	
	20			20	
	200			200	
	500			500	
	5 000			5 000	

A. 2.7 间隔时间 ()

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms	电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms
100%↔0%			100%↔40%		
100%↔70%			100%↔80%		

A. 2.8 峰值冲击电流

电压/频率	电压切换条件	相位角 (°)	峰值冲击电流要求 A	峰值冲击电流实测值 A
220V/50Hz	0%→100%	90	≥500	
		270	≥500	

A.3 直流电压跌落发生器

A.3.1 输出电压 (V)

电压暂降百分比	输出电压标称值/V	输出电压实测值/V
40%		
70%		
80%		
85%		
100%		
120%		

A.3.2 负载调整率

EUT 电源	电压暂降百分比	负载电流 /A	空载输出电压实测值/V	满载输出电压实测值/V	负载调整率 /%
48 V	100%	25			

A.3.3 电压上升时间和下降时间

电压切换条件	上升时间实测值/ μs	下降时间实测值/ μs
100%→0%	/	
0%→100%		/

A.3.4 电压过冲和欠冲

电压切换条件	过冲电压实测值/V	欠冲电压实测值/V
100%→0%		
0%→100%		

A. 3.5 持续时间

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms
100%↔0%	1	
	3	
	10	
	30	
	100	
	300	
	1 000	

A. 3.6 间隔时间

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms
100%↔0%	1 000	
	2 000	
	5 000	

A. 3.7 峰值冲击电流

电源输出电压/V	电压切换条件	峰值冲击电流实测值/A
48	0%→100%	
	100%→0%	

附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及工作正常性检查_____

B.2 单相电压跌落发生器

B.2.1 输出电压

EUT 电源	电压暂降百分比	标称值/V	实测值/V	不确定度 $U (k=2)$
230 V/50 Hz	0%			
	40%			
	70%			
	80%			
	100%			

B.2.2 负载调整率

EUT 电源	电压暂降百分比	负载电流/A	负载调整率/%	不确定度 $U (k=2)$
230 V/50 Hz	100%	16		
	80%	20		
	70%	23		
	40%	40		

B. 2.3 电压上升时间和下降时间

电压切换条件	相位角设定值/ (°)	上升时间实测值 / μs	下降时间实测值 / μs	不确定度 $U (k=2)$
100%→0%	90	/		
	270		/	
100%→80%	90	/		
	270		/	
100%→70%	90	/		
	270		/	
100%→40%	90	/		
	270		/	
0%→100%	90		/	
	270	/		

B. 2.4 电压过冲和欠冲

电压切换条件	相位角设定值 (°)	电压过冲实 测值/%	电压欠冲实 测值/%	不确定度 $U (k=2)$
100%→0%	90			
	270			
100%→80%	90			
	270			
100%→70%	90			
	270			
100%→40%	90			
	270			
0%→100%	90			
	270			

B. 2.5 相位角

电压切换条件	设定值/ (°)	实测值/ (°)	不确定度 U ($k=2$)
100%→0%	0		
	45		
	90		
	135		
	180		
	225		
	270		
	315		
0%→100%	0		
	45		
	90		
	135		
	180		
	225		
	270		
	315		
100%→40%	90		
	180		
40%→100%	90		
	180		
100%→70%	90		
	180		
70%→100%	90		
	180		
100%→80%	90		
	180		
80%→100%	90		
	180		

B. 2.6 持续时间

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms	不确定度 $U (k=2)$
100%↔0%	10		
	20		
	200		
	500		
	5 000		
100%↔40%	10		
	20		
	200		
	500		
	5 000		
100%↔70%	10		
	20		
	200		
	500		
	5 000		
100%↔80%	10		
	20		
	200		
	500		
	5 000		

B. 2.7 间隔时间

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms	不确定度 $U (k=2)$
100%↔0%			

表 (续)

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms	不确定度 $U (k=2)$
100%↔40%			
100%↔70%			
100%↔80%			

B.2.8 峰值冲击电流

电压/频率	电压切换条件	相位角 (°)	实测值 A	不确定度 $U (k=2)$
230 V/50 Hz	0%→100%	90		
		270		

B.3 直流电压跌落发生器

B.3.1 输出电压 (V)

电压暂降百分比	输出电压标称值/V	输出电压实测值/V	不确定度 $U (k=2)$
40%			
70%			
80%			
85%			
100%			
120%			

B.3.2 负载调整率

EUT 电源	电压暂降百分比	负载电流/A	负载调整率/%	不确定度 $U (k=2)$
48 V	100%	25		

B.3.3 电压上升时间和下降时间

电压切换条件	上升时间实测值/ μs	下降时间实测值/ μs	不确定度 $U (k=2)$
100%→0%	/		
0%→100%		/	

B.3.4 电压过冲和欠冲

电压切换条件	电压过冲实测值/V	电压欠冲实测值/V	不确定度 $U (k=2)$
100%→0%			
0%→100%			

B.3.5 持续时间

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms	不确定度 $U (k=2)$
100%↔0%	1		
	3		
	10		
	30		
	100		
	300		
	1 000		

B.3.6 间隔时间

电压切换条件	设定值/ms	实测值/ms	不确定度 $U(k=2)$
100%↔0%	1 000		
	2 000		
	5 000		

B.3.7 峰值冲击电流

电源输出电压/V	电压切换条件	峰值冲击电流实测值/A	不确定度 $U(k=2)$
48	0%→100%		
	100%→0%		



附录 C

校准结果测量不确定度评定示例

C.1 输出电压校准结果的测量不确定度评定

C.1.1 校准方法

使用数字多用表法对发生器的输出电压进行校准，设定发生器的输出电压，使用数字多用表的交流电压测量功能进行测量。以发生器的电源为 230 V，输出电压为 40%，即为 92 V 为例进行输出电压的测量不确定度分析。

C.1.2 测量模型

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{M}} \quad (\text{C.1})$$

式中：

V_{OUT} ——输出电压实测值，V；

V_{M} ——数字多用表电压实测值，V。

C.1.3 不确定度来源

(1) 测量重复性引入的不确定度 u_1 ；

(2) 数字多用表交流电压最大允许误差引入的不确定度 u_2 。

C.1.4 标准不确定度的评定

C.1.4.1 测量的重复性引入的不确定度 u_1

在相同条件下，重复测量 10 次 40% 输出电压（92 V），测量数据见表 C.1。

表 C.1 输出电压重复性测量数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测值 V	92.568	92.605	92.598	92.592	92.578	92.569	92.476	92.565	92.546	92.651

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = 92.5748 \text{ V}$$

$$\text{单次试验的标准差 } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.045 \text{ V}$$

测量重复性引入的不确定度： $u_1 = 0.045/92 = 0.05\%$ 。

C.1.4.2 数字多用表交流电压最大允许误差引入的不确定度 u_2

数字多用表在 100 V 量程测量 50 Hz、92 V 电压时的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ ，视为均匀分布，则：

$$u_2 = 0.1\% / \sqrt{3} = 0.058\%$$

C.1.5 合成标准不确定度

输出电压的标准不确定度分量汇总表如表 C.2 所示。

表 C.2 输出电压标准不确定度分量汇总表

不确定度来源 x_i	概率分布 k_i	标准不确定度 u_i	灵敏系数 c_i	标准不确定度分量 u_i
测量结果的重复性	正态分布	0.05%	1	0.05%
数字多用表交流电压 最大允许误差	均匀分布	0.058%	1	0.058%

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.08\%$$

C.1.6 相对扩展不确定度

$$U_{\text{rel}} = k u_c = 2 \times 0.08\% = 0.16\%$$

C.2 电压上升时间校准结果的测量不确定度评定

C.2.1 校准方法

使用示波器电压探头和数字存储示波器对发生器的输出电压上升时间进行校准，设定发生器的输出电压为 0%，电压切换条件为 0%→100%，使用数字存储示波器捕获上升时间波形图，利用其光标进行测量。以发生器的电源为 230 V，输出电压为 0% 为例进行电压上升时间的测量不确定度分析。

C.2.2 测量模型

$$y = t_r \quad (\text{C.2})$$

式中：

y ——电压上升时间测量值， μs ；

t_r ——数字存储示波器示值， μs 。

C.2.3 不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的不确定度 u_1 。
- (2) 数字存储示波器读数分辨力引入的不确定度分量 u_2
- (3) 数字存储示波器采样率引入的不确定度分量 u_3
- (4) 数字存储示波器幅度测量误差引入的不确定度分量 u_4

C.2.4 标准不确定度的评定

C.2.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

在相同条件下，重复测量发生器的电压上升时间 10 次，测量数据见表 C.3。

表 C.3 电压上升时间重复性测量数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测值 μs	3.56	3.47	3.35	3.68	3.49	3.54	3.60	3.58	3.64	3.52

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = 3.543 \mu\text{s}$$

单次试验的标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0937 \mu\text{s}$ ，则测量重复性引入的不确定度：

$$u_1 = 0.0937 / 3.543 = 2.6\%$$

C.2.4.2 数字存储示波器读数分辨力引入的不确定度分量 u_2

设读取脉冲幅度的 0% 和 100% 时因读数分辨力引入的相对误差限分别为 ϵ_1 和 ϵ_2 ，读取脉冲幅度的 10% 和 90% 时因读数分辨力引入的相对误差限分别为 ϵ_3 和 ϵ_4 ，读取脉冲幅度的 10% 和 90% 对应的的时间刻度时因读数分辨力引入的相对误差限分别为 ϵ_5 和 ϵ_6 ；假设 6 次的判读误差限均相等，即 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = \epsilon_4 = \epsilon_5 = \epsilon_6 = \epsilon$ ，则因读数分辨力引入的总相对误差为 $\pm\sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_4^2 + \epsilon_5^2 + \epsilon_6^2} = 2.45\epsilon$ ，设误差为均匀分布，又假定 ϵ 的绝对值 = 0.2%，则数字存储示波器读数分辨力引入的不确定度分量

$$u_2 = 2.45 \times 0.2\% / \sqrt{3} = 0.28\%$$

C.2.4.3 数字存储示波器采样率引入的不确定度分量 u_3

对于测量 3.5 μs 的电压上升时间，数字存储示波器水平扫描系数设置为 2 $\mu\text{s}/\text{div}$ ，采样率为 5 GS/s，则采样点数为 10 kS/div，由采样率引入的误差为 $\pm 1/10\ 000 = \pm 0.01\%$ ，设为均匀分布，则数字存储示波器采样率引入的不确定度分量

$$u_3 = 0.01\% / \sqrt{3} = 0.0058\%$$

C.2.4.4 数字存储示波器幅度测量误差引入的不确定度分量 u_4

数字存储示波器测量电压最大允许误差为 $\pm 2.0\%$ ，设为均匀分布，则

$$u_4 = 2.0\% / \sqrt{3} = 1.15\%$$

C.2.5 合成标准不确定度

电压上升时间标准不确定度分量汇总表如表 C.4 所示。

表 C.4 电压上升时间标准不确定度分量汇总表

不确定度来源 x_i	概率分布 k_i	标准不确定度 u_i	灵敏系数 c_i	标准不确定度分量 $c_i u_i$
测量结果的重复性	正态分布	2.6%	1	2.6%
数字存储示波器 读数分辨力	均匀分布	0.28%	1	0.28%
数字存储示波器采样率	均匀分布	0.0058%	1	0.0058%
数字存储示波器幅度 测量误差	均匀分布	1.15%	1	1.15%

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 2.9\%$$

C. 2.6 相对扩展不确定度

$$U_{\text{rel}} = k u_c = 2 \times 2.9\% = 6\%$$

C. 3 峰值冲击电流校准结果的测量不确定度评定

C. 3.1 校准方法

使用电流探头和数字存储示波器对发生器的峰值冲击电流进行测量，设定发生器的输出电压为 0%，电压切换条件为 0%→100%，相位角分别为 90°和 270°，使用数字存储示波器捕获脉冲电流波形图，利用其光标进行测量。以发生器的电源为 230 V，输出电压为 0%，在相位角为 90°时进行 0%→100%电压切换为例进行测量不确定度分析。

C. 3.2 测量模型

$$y = I_P \quad (\text{C. 3})$$

式中：

y ——峰值冲击电流测量值，A；

I_P ——数字存储示波器峰值电流示值，A。

C. 3.3 不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的不确定度 u_1
- (2) 电流探头电流电压转换因子引入的不确定度 u_2
- (3) 数字存储示波器读数分辨力引入的不确定度分量 u_3
- (4) 数字存储示波器幅度测量误差引入的不确定度分量 u_4

C. 3.4 标准不确定度的评定

C. 3.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

在相同条件下，重复测量峰值冲击电流 10 次，测量数据见表 C. 5。

表 C. 5 峰值冲击电流重复性测量数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测值 A	556	548	565	550	548	544	558	562	564	566

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = 556.1 \text{ A}$$

$$\text{单次试验的标准差 } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}} = 8.12 \text{ A, 则测量重复性引入的不确定度:}$$

$$u_1 = 8.12/556 = 1.46\%$$

C. 3.4.2 电流探头电流电压转换因子引入的不确定度分量 u_2

使用 0.01 V/A 的电流探头，其电流电压转换因子的最大允许误差为 ±0.5%，可视为均匀分布，该则电流探头电流电压转换因子引入的不确定度分量

$$u_2 = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.289\%$$

C. 3.4.3 数字存储示波器读数分辨力引入的不确定度分量 u_3

设读取脉冲幅度的 0% 和 100% 时因读数分辨力引入的相对误差限分别为 ϵ_1 和 ϵ_2 ，假设 2 次的判读误差均相等，即 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon$ ，则因读数分辨力引入的总相对误差为： $\pm\sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}$ 即为 $\pm 1.414\epsilon$ ，设误差为均匀分布，假定 ϵ 的绝对值 = 0.2%，则数字存储示波器读数分辨力引入的不确定度分量

$$u_3 = 1.414 \times 0.2\% / \sqrt{3} = 0.163\%$$

C.3.4.4 数字存储示波器幅度测量误差引入的不确定度分量 u_4

数字存储示波器测量电压最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，设为均匀分布，则

$$u_4 = 2\% / \sqrt{3} = 1.15\%$$

C.3.5 合成标准不确定度

峰值冲击电流的标准不确定度分量汇总表如表 C.6 所示。

表 C.6 峰值冲击电流的标准不确定度分量汇总表

不确定度来源 x_i	概率分布 k_i	标准不确定度 u_i	灵敏系数 c_i	标准不确定度分量 $c_i u_i$
测量结果的重复性	正态分布	1.46%	1	1.46%
电流探头电流电压 转换准确度	均匀分布	0.289%	1	0.289%
数字存储示波器 读数分辨力	均匀分布	0.163%	1	0.163%
数字存储示波器幅 度测量误差	均匀分布	1.15%	1	1.15%

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 1.9\%$$

C.3.6 相对扩展不确定度

$$U_{rel} = k u_c = 2 \times 1.9\% = 4\%$$

附录 D

三相电源系统的电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器

三相系统与单相系统相比，校准项目相同，但具有不同的组合。三相系统中电压跌落发生器的校准方法可参考本规范，但需注意输出电压不同、相应电阻的最大功率，以及其他设备测量范围的适用性。

D.1 三相系统的短时中断

在电压暂降、短时中断和电压变化试验发生器中额定电压从 0 到 20% 的电压等级都可以认为是完全中断。在三相系统的短时中断校准过程中，三相系统的三相线应同时进行短时中断。

D.2 三相系统的电压暂降

D.2.1 具有中线的三相系统

具有中线的三相系统的电压暂降校准，每次单独进行一种组合的校准。按照 A 相、B 相、C 相、中线 N 共计六种组合，分别为 A-B、A-C、B-C、A-N、B-N、C-N。

D.2.2 不具有中线的三相系统

不具有中线的三相系统的电压暂降校准，每次单独进行一种组合的校准。按照 A 相、B 相、C 相共计三种组合，分别为 A-B、A-C、B-C。

三相系统的相线对中线的电压暂降，每次只对其中一相进行试验，电压暂降 70% 示意图见图 D.1；三相系统的相线对相线的电压暂降，每次只对其中一相进行试验，电压的变化最好在其他一个或者两个电压上进行，电压暂降 70% 示意图见图 D.2。

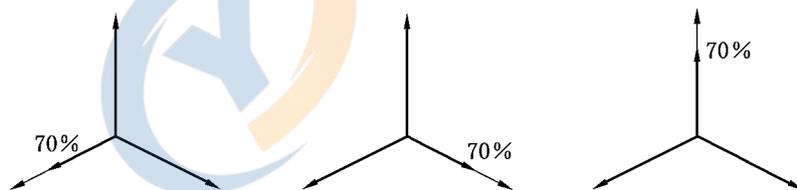


图 D.1 三相系统的相线对中线示意图

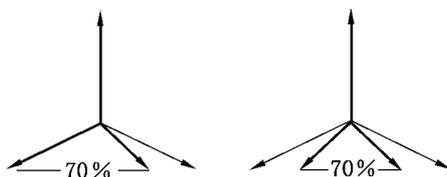


图 D.2 三相系统的相线对相线示意图